

湖  
川  
課

B. e. II.

地質調査所報告第133號

赤城火山の崩壊並に土石流

小 出 博

—  
5/12  
P

地 質 調 査 所

昭和25年8月

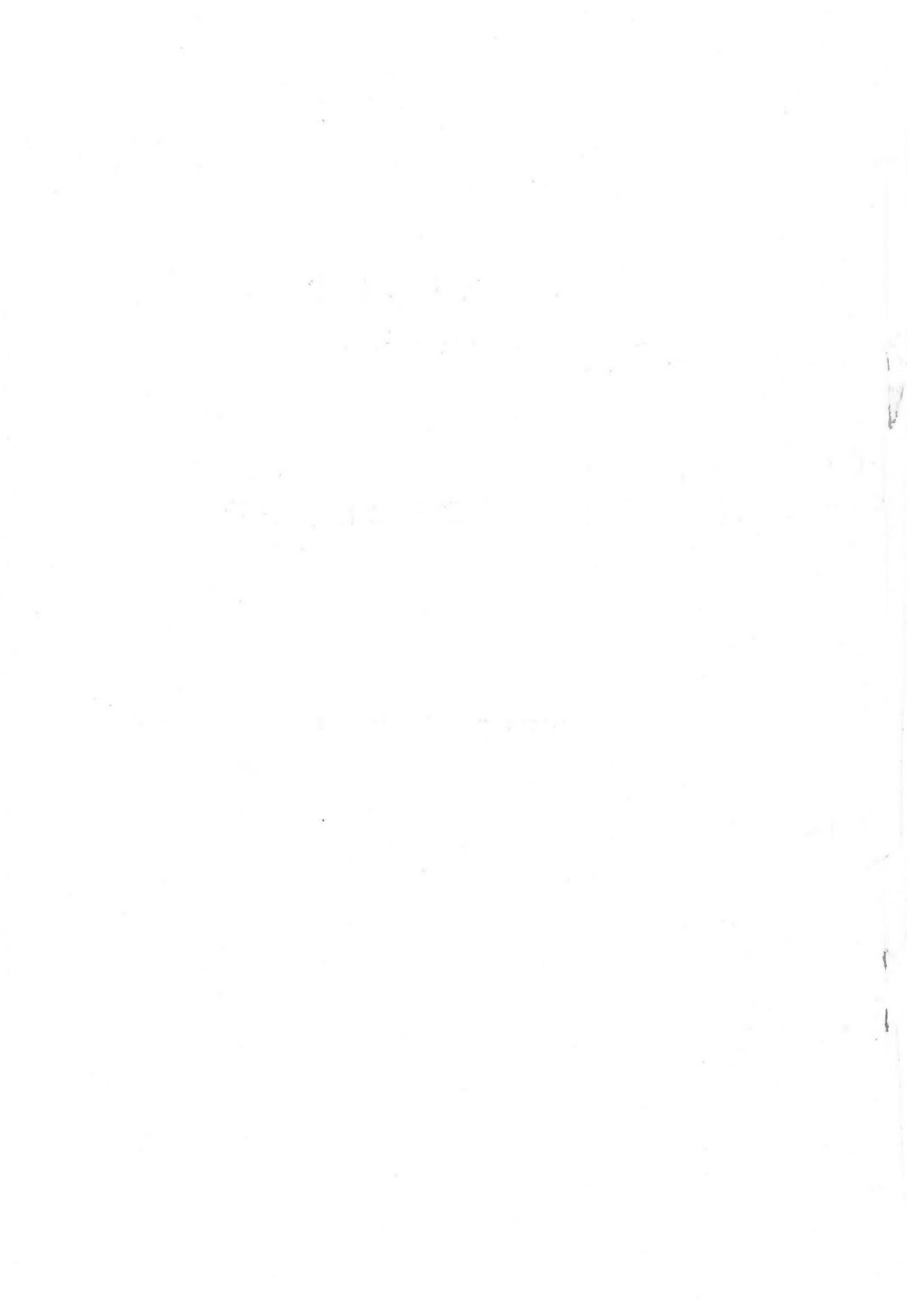


# 地質調査所報告

所長 三土知芳

## 赤城火山の崩壊並に土石流

通商産業技官 小出博



## 目 次

摘 要	1
I 緒 言	1
II 崩壊地	2
A 崩壊地発生の諸因子	2
B 崩壊地の発達史	9
III 土石流	11
A 土石流発生前後の状態	11
B 土石流の活動状態	18
IV 崩壊と土石流	18
V 荒廃地の復旧対策	19
VI 山崩と洪水, 特に森林との関係	22
参 考 文 献	
Résumé (in English)	1
図版	8葉



# 赤城火山の崩壊並に土石流

通商産業技官 小 出 博

## 要 約

昭和22年9月15日の利根川大洪水の原因をなしたキャスリーン颱風は、赤城火山を中心に稀有の降雨をもたらした。そのため赤城火山の殆んど凡ての主要な河川溪谷に大規模の土石流が発生し、山地には夥しい崩壊地が形成された。これらの崩壊並に土石流による災害を調査研究するため、學術振興会の委嘱をうけ、昭和23年5月12日より24日に到る約2週間、現地において災害の実態調査を行った。その結果得られた主要な結論は次の如くである。

1. 崩壊発生の難易は第一に地質に依つて制約される。崩壊地は集塊岩の上で発生し易いが、熔岩の上では殆んどその発生を見ないと云つてよい。
2. 地質が同様であると、地形に依つて崩壊発生に難易がある。即ち縦断面で中凹み又は直線を示すような斜面では崩壊を起し易く、中高の斜面では崩壊を起し難い。
3. 地表層が砂質であると崩壊し易く、粘土質になるほど崩壊し難い。然し粘土質である場合に若しそれが森林で覆われていないと、平常の降雨によつても容易に浸蝕を受けて荒廢するが、砂質であれば平常の降雨によつて荒廢を起すことはない。
4. 植物の根系が発達すると、地表層の最上部に板状の層が形成される。この層の発達に崩壊の発生と密接な関係を有する。この意味で森林の発達は、山地の崩壊の重要な原因であると云える。
5. 崩壊は先づ山腹傾斜面の上方に発生し、漸次下方に向つて發育する。故に通常上の方が広く、下の方が狭い(細長いしやもじ状)形となる。従つて茲で問題とする崩壊は谷の浸蝕とは無関係である。
6. 土石流は河川溪谷の上流の谷床を浸蝕し、そこにあつた石礫を運搬し、下流地域に堆積した。土石流を構成した石礫は山地の崩壊面から供給されたものではない。
7. 土石流に依つて浸蝕を受けた谷の部分はU字形を呈し易い。
8. 土石流の断面はドーム状を呈し、先端が小高く盛上つて奔流する。
9. 以上の様な現象は土石流の行り渦巻きの運動によつて説明することが出来る。
10. 土石流と山地の崩壊とは何等の因果関係をもたない。両者は多くの場合同じ原因でおこり、相伴つて発生し易い二つの関連性のない現象である。
11. 以上述べた処から崩壊地並に土石流に対する対策の大綱を得た。

## I 緒 言

昭和22年9月中旬、数日にわたつて続いた降雨の後、15日に関東地方一帯をおそつたキャスリーン颱風は、関東北部、殊に赤城火山を中心とする地方に大降雨をもたらした。このため

各河川とも稀有の大洪水となり、主流をなす利根川の流域一帯に濁流が氾濫し、田畑、家屋、その他の营造物が流出し、殆んど一瞬の間に人文景観の多くが荒廢に歸した。

赤城火山地方はキャスリーン颱風の影響を最も強く被り、山地には多数の大小の崩壊が生じ、外輪山を中心として北、西、南に放射する殆んど凡ての河川溪流に大規模な土石流が発生した。こうして林野、溪谷の多くが荒廢地と化し、あたかも利根川の大洪水の主要な原因が赤城火山地方にあるかの觀を呈したのである。

今回學術振興会よりこれらの災害、特に赤城火山地方に発生した山地の崩壊並に溪流の土石流に就いての調査研究を委嘱され、昭和23年5月12日より24日に至る13日間、砂川流域、沼尾川流域、大沼周縁地域、白川流域、天竜川上流地域に就いて災害の実態調査を行った。

今回の調査は事変発生後7カ月を経過しているので、発生当時に於ける生々しい状態は既に多くの重要なものが失われており、殊に土石流の調査に於いてはこの点誠に不利であつた。然し赤城火山に生じた崩壊地並に土石流に関して多くの重要な觀察をなし、これらの觀察に基いてその発生に関する理論及び機構、特に山林との關係に就いて若干の結論を得、この結論から将来の対策に関する根本的な大綱を樹立し得たと考えるので、茲に一應これを纏め、關係諸方面の参考に供したいと思う次第である。

調査に際して種々の援助を與えられた群馬縣廳林務部、前橋営林局、沼田、前橋、大間々各営林署、その他各關係町村の方々に深く感謝する。

## II 崩 壊 地

キャスリーン颱風の影響に依る稀有の大降雨に因つて、赤城火山の山地一帯に夥しい崩壊地が発生した。これら崩壊地の状態を見ると、それが発生し易いか発生し難いかと云うことは、主として地質、地形、土壤の性質等と密接な關係にあることが注意される。そこで先づこれらの各々に就いて、それが崩壊の発生とどんな關係にあるかということ各論的に眺め、然る後に崩壊地發生の機構並に崩壊地の發達史を述べる。

### A 崩壊地發生の諸因子

**地質と崩壊地の關係** 先づ赤城火山に於ける崩壊地の中には、昭和22年9月の降雨に依つて発生したものでなく、既にそれ以前に形成されており、今回更にその規模を大きくしたと思われるものも少くない。然しその何れであるにせよ、崩壊地の分布状態を見て直に気付くことは、略1,100~1,200mの等高線を境とし、それよりも高い山地には崩壊地が甚だ少ないことである。この事實を單に地質の相違にのみ關連させて見ることには危険があるかもしれないが、地質の相違に依つて崩壊發生に難易のあることを示すよい材料であると信ぜられるので、

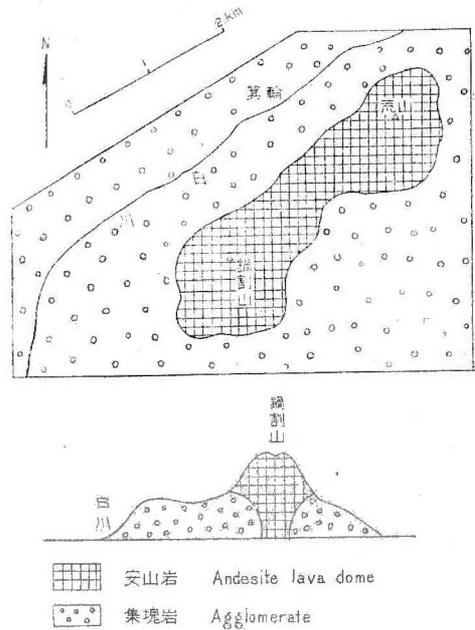
以下これに就いて簡単に述べる。

赤城火山は秩父古生層を基盤として、その上に噴出した火山である。基盤をなす古生層は火山体の北部の砂川流域、根利川の北側及び渡良瀬川流域によく露出している。火山体は大部分が集塊岩を主とし、これに凝灰岩を交えて構成され、その表面は軽石層<sup>1)</sup>又は火山灰で被われている。熔岩は分布が少く、僅に鈴岳、地藏岳、荒山—鍋割山等に熔岩円頂丘の様な形態で発達するに過ぎない。

赤城火山の地質と崩壊地の分布状態との関係を見ると、殆んど大部分の崩壊地が、集塊岩の山地に存在し、熔岩の山地には極めて稀なことが注意される。即ち1, 100~1, 200 m 以上の高所は主として熔岩からなるために崩壊地が少ないが、この様な高所に於いても、例えば集塊岩で構成された外輪山の一部では、内側の急傾斜地の処々に小規模ながら崩壊地が発生している。然るに熔岩の山地には崩壊地の発達が甚だしい。

これと全く同じ関係が荒山—鍋割山の山稜でもよく観察出来る。即ち荒山—鍋割山一帯の山稜は中腹より上部が中性乃至酸性の安山岩質熔岩からなり、その周囲は集塊岩で構成されている(第1図)。そして集塊岩の山地には処々に大小の崩壊地が発達しているが、熔岩の山地にはその発生が全く見られない。

以上を要するに熔岩の山地は一般に崩壊を起し難く、集塊岩山地は崩壊を起し易いのであるが、このことは赤城火山の場合に限らず、他の火山でも極く普通に見られる。熔岩と集塊岩の間にこのような差違のある根本的な理由は、各々が水の浸蝕に対して異なる抵抗力を有するためである。即ち熔岩は水の浸蝕に対する抵抗が大きく、集塊岩、特に凝灰質集塊岩は水の浸蝕に対して甚だ弱い。これは屢々集塊岩地域が“奇勝”を形成することに依つても容易に理解し得よう。尙赤城火山の場合は、熔岩からなる山地が屢々基岩を露出して懸崖となつていることと、懸崖を形成していない場合でも、傾斜が一般に急で、山腹が粗大な安山岩礫で被われていることなども、熔岩山地に崩壊のない理由であ



第1図 荒山—鍋割山附近の地質図及び断面図。荒山—鍋割山の熔岩からなる山腹には崩壊地が全くなく、白川にそつた集塊岩の山腹には多い。

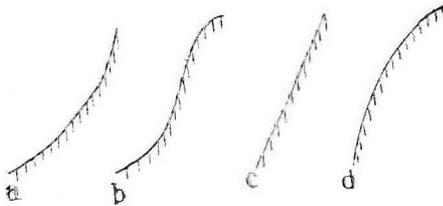
Fig. 1. Geological map and section of Arayama—Nabewari-yama. There is no landslip on the slope of lava dome, while a lot of them on the slope of agglomerate along Shirakawa.

1) 赤城火山の西側及び北西側の裾野では、径数 cm 内外の大きさの白色軽石からなる層が地表を被っているが、この軽石層は榛名火山に由来するものと考えられている。

ろう。又熔岩山地は円頂丘状をなすことが多く、その山容が全体として丸味を帯びていることも、後に述べる如く崩壊の発生し難い理由の一つである。

**地形と崩壊地の関係** 山地が同じ岩石で構成されている場合には、崩壊の発生は地形と密接な関係がある。先づ山の形が丸味をもち、ドーム状の地形を示すような山地では、一般に崩壊の発生が行われ難い傾向が著しい。即ちこの様な山地では降雨は集積されることなく、四方に分散しようとする結果、雨水の地表を浸蝕しようとするエネルギーが分散されるために、崩壊を生じ難いのであろう。

崩壊の発生した場所を詳細に観察すると、崩壊と斜面の形との間に密接な関係のあることが



第2図 山腹傾斜面の縦断面。

a, b の斜面に崩壊が最も多く、c の斜面がこれに次ぎ、d の斜面には殆んど崩壊の発生を見ない。

Fig. 2. Longitudinal section of mountain slope. On the slope such as a, b and c, it is liable to slip, but there is almost absent of landslide on the slope as d.

わかる。斜面の形をその縦断面に依つて、第2図に示す如く四つに大きく分けることが出来る。この分類に従つて崩壊発生の難易を見ると、第2図 a 及び b の様な斜面に最も崩壊が発生し易く、次に第2図 c で示されるような斜面に多く、第2図 d の様な斜面には通常全く崩壊の発生を見ない。

以上の事実に対する理由の一つは、第2図 a 及び b に示した斜面が、全体として概して凹地——谷と云うほどのものではなく、中くぼみの丸い凹地——に多く、第2図 d の様な斜面が、全体として凸地——尾根と云う程のものではな

く、中高の丸い凸地——に多いため、前者は雨水の集積が行われ易い状態にあり、後者は雨水の分散が行われ易い状態にあることである。然し一見しては今述べたような凹地又は凸地を形成しておらず、横にひと続きの同じ斜面をなす場合でも、第2図 a 及び b のような斜面には崩壊地が発生し易く、第2図 d のような斜面には発生し難いことは、矢張り一般的な著しい傾向である。従つて上に述べた理由は必ずしもこの問題に対して、第一義的に重要であるとは考えられない。然らばこれをどう解釈するかと云うことになると、まだ十分満足な解答に達していないが、今は暫定的に次の様な解説を與えておこう。

先づ第2図 a 及び b のような斜面は、基岩の風化作用が水の浸蝕作用よりも盛に行われた場合に発達し、d のような斜面は基岩の風化作用が水の浸蝕作用よりも劣る場合に発達すると考えられる。そして c は丁度この二つの作用が平衡を保つて進められた場合に発達する。従つて a 及び b では地表層即ち風化産物が最も厚く、且つその組織が粗であるべく、d では地表層が最も薄く、且つ組織が密で、多くの場合により粘土質であることが普通である。そして c は丁度この二つの中間の性質を示している。

後に詳しく述べるが、山地の崩壊はその初期に於いては、殆んど常に斜面の上方に起り、且

つ凸面の斜面から凹面の斜面にうつろうとする変化点の附近から始まるのが普通である。これは恐らく第3図aに示す如く、この変化点の上方と下方とで地表層の厚さ及び組織が異なるためと思われる。即ち上方は地表層が薄く、且つ組織が緊密で、雨水の滲透が行われ難いが、下方は地表層が厚く、且つ組織が粗であるので雨水の滲透が盛に行われる。この様に両者の間に物理的に異なる性質があるために、変化点附近で均衡が破れて崩壊を起すのであろう。

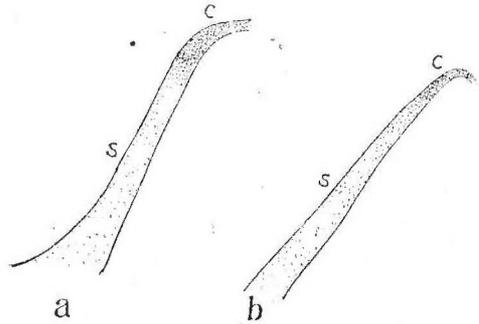
次に第2図cのような斜面では、地表層が下方に於いて厚く、且つ組織が粗で、上方に薄く、且つ組織が密であるが、今これを理想化して示すと第3図bである。この様な斜面上に降雨があれば、滲透水は勿論上方に少く下方に多いが、最上部よりやゝ下方の点で急激に多くなる部分が生ずるのであろう。そしてこれより下方は滲透水の急激な増加は行われ難いと考えられる。従つて滲透水の急激に多くなる部分では、それより上の部分と下の部分との間に均衡が失われ、こゝで崩壊が開始されることとなる。

以上で各斜面上に於ける崩壊発生の理論に就いて、一應の説明を行つたわけであるが、雨水の集積し易いような斜面が最も容易に崩壊を起すことは云うまでもない。これに関連して興味あることは、谷の最も奥地に屢々発達する圈谷状の部分に就いてあるが、このような部分では谷底に向つて放射状に崩壊を起していることがある。これはこのような部分がわん状を呈し、斜面の断面は第2図a又はbの如くで、雨水の集積が甚だ行われ易いからである。

**土壤と崩壊地の関係** 山地の地表層を構成する土壤の性質、特に水に対する物理的性質が崩壊地の発生と極めて密接な関係にあることは、今更茲で多くを述べる必要はあるまい。これは崩壊地を取り扱う際に於ける重要な根本的問題であつて、これを充分解決するためには、野外に於ける諸種の調査は勿論、室内に於ける実験によつて、初めて完全な結果が期待されるのである。従つて茲ではこの問題を詳しく論じ得る材料の持合せがないが、野外で観察し得た範囲で、一應問題の概略の焦点を求めてみよう。

先づ土壤と崩壊地の関係に就いて概括すれば、以下の様なことが云い得るのではないかと思われる。

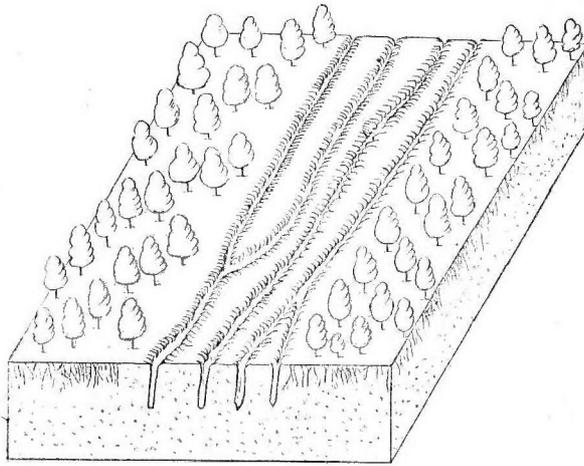
今赤城火山の集塊岩からなる山地を見ると、地表層が大體に於いて著しい粘土質の土壤でもなく、又粗大な石礫を多く含んだものでもなく、一般に砂質の土壤で構成されている。従つて地表層は雨水の滲透が容易に行われ、甚しい場合には水を媒質として分散し易いような土壤で



第3図 傾斜面上の地表層の状態。  
Cは粘土質の部分、Sは砂質の部分。

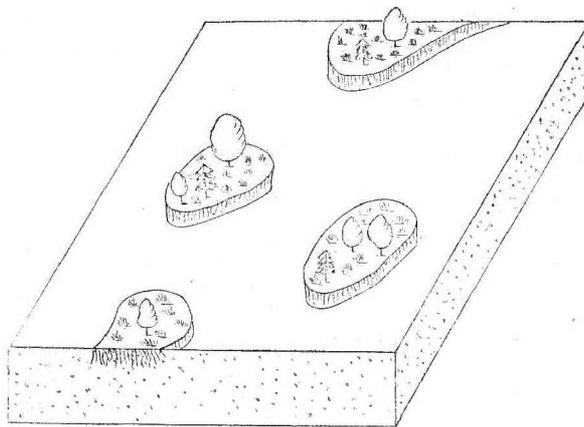
Fig. 3. Idealized superficial soil layer on the mountain slope. C is more clayey and S is more sandy.

構成されていると考えられる。このことが集塊岩山地の地表層が崩壊を起し易い重要な原因の一つである。



第4図 粘土質土壤の浸蝕。無立木地は雨谷のような浸蝕を受けるが、森林で被われた部分には雨水の浸蝕の影響が見られない。

Fig. 4. Block diagram showing the eroded clayey soil. There are many ravines on the clayey soil without forest on it, but none of them on the soil covered by forest.



第5図 粘土質土壤層の荒廢状態。粘土質土壤の上にもとの状態をよく保存した部分がブロック状に残っている。

Fig. 5. Ruined clayey soil layer. Many blocks having original state remain on the clayey soil layer.

しているものもある。このような景観は粘土質土壤からなる山地では、傾斜角度の小さい斜面の上にもよく発達するが、砂質土壤の山地には殆んど見られない。即ち土壤が粘土質であるか、砂質であるかに依つて、その山地の雨水に対する抵抗力並に抵抗の様子が非常に異なるので

若しこの場合に地表層が粘土質の土壤で構成されておるならば、雨水の滲透が行われ難く、且つ水を媒質として行われる粘土質土壤の分散も砂質の場合に比して遙に容易でないから、崩壊を発生し難いであろうと云うことは、一應考えて差支えない。例えば地藏岳及び小沼を中心とする一帯の地域に比較的崩壊地が少ないのは、その地表層が火山灰質の著しい粘土質土壤で構成されていることが、一つの重要な原因とされるであろう。粘土質土壤からなる地表層の山地に於て、特徴のある荒廢状態を示す興味ある例が、小沼附近によく発達しているので、これに就いて少しく述べる。

一般に粘土質土壤の山地では、その荒廢の難易が地上に於ける植生と密接な関係にある。即ち第4図に示すように、地上が森林で被われている場合は山地の荒廢は甚だ起り難いが、森林で被われていない裸地又は芝地等では、容易に荒廢する傾向が顯著である。そして荒廢が更に進むと第5図に示す如く、荒廢した地域内に、地表層及びその上の植生が、もとの儘の状態でも保存され、これらの中には第6図のような土柱状をな

あるが、この点に関して私の観察結果を総括して、両者の相違を見ると次のような結果になる。

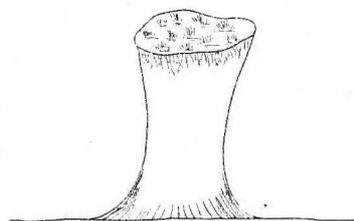
山地の地表層が粘土質である場合は、それが砂質である場合に比較して、雨水の浸蝕、特に長期にわたつた降雨とか、或は豪雨の際に行われる雨水の浸蝕に対して抵抗力が大きい傾向がある。然し粘土質土壤が有するこの傾向は、地上に於ける植生の如何に依つて左右されるが、砂質土壤の場合には植生に依つて左右されることが、粘土質土壤の場合ほど著しくない。又雨水に依つて浸蝕されている状態を見ると、両者の間にかなり著しい相違がある。即ち山地で雨水が粘土質の地表層を浸蝕すると、一般に非常に鋭いV字形の谷を形成し、砂礫質の地表層を浸蝕するとU字形の谷を形成し易い。雨水の浸蝕に対する性質から見ると、粘土質の地表層は種々の点で、寧ろ凝灰岩などのような軟い岩石に近い傾向をもつものとも云ひ得る。

要するに、砂質又は砂礫質の地表層は長期の降雨又は豪雨の際に多量の水を含み、極端な場合には水中に各粒子が分散するような形をとり得る。然るに粘土質の地表層は雨水がある程度滲透してしまうと、粘土質物質が水中に於いて容易に分散し難い性質と相まつて、それ以上の雨水はこれを地表流下として流し去つてしまう。これが山地に於いて両者の荒廢状態を異にする重要な理由であつて、今問題とする崩壊現象が、砂質の地表層に於いて発生し易い理由もこゝにあると思われる。

**植生と崩壊地の関係** 地上の植生と崩壊との間にどんな関係があるであろうか。即ち植生の如何に依つて崩壊発生のお機が左右されるかどうかと云う問題は、我々に課せられた最も重要な問題の一つであろう。然しこれは學術的にもなかなか大きな且つ困難な問題であると共に、社会的にもその意義が大きいので、今回のような短時日の調査結果から、結論的な取り扱いをすることは甚だ危険である。

極めて概略の推定ではあるが、崩壊地の発生は赤城火山に於ける殆んどあらゆる植生の地域に見られる。従つて崩壊は植生の如何を問わず発生し得るが、この場合崩壊を発生している同一植生の地域で、崩壊を起した面積と崩壊の発生を見ない面積との比率が全く不明であるので、その相互の詳しい比較検討は困難である。将来このような調査を行い得たならば、重要な資料を提供することゝなるであろうが、然し、例えば崩壊を発生し易い地形の判定などに困難があり、その実行には余程深長な考慮を必要とすることは云うまでもない。従つて詳細な研究は将来の問題とし、茲では、今回の調査に依つて得られた、崩壊と植生に関する興味ある事実を紹介する程度にとどめたい。

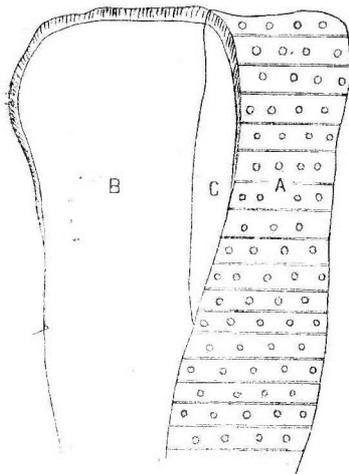
後に述べる如く、地表層の最上部には通常 30~50 cm の厚さで、林木その他の地表植物の根系に依つて互に密に結合しあつた板状の層が形成されており、この板状の層が山地の崩壊に対して甚だ重要な意味をもつているのである。即ちこのような板状の層が地表層の最上部に形成



第6図 土柱  
Fig. 6. Earth pillar.

されているために、崩壊が発生し易いことは「崩壊地の発達史」の項で論ずるが、このことを示すのではないかと思われる事実が、国有林赤城山事業区 51 林班に発生した崩壊地に於いてよく観察し得るので、この事実を紹介しよう。

問題の崩壊地は第 7 図に示す如くで、第 7 図 A は昭和 10 年の災害に際して崩壊をおこし、



第 7 図 過去の砂防造林地と新しく形成された崩壊地。

A 昭和 10 年に崩壊後萱條工を施し、砂防造林を行つた部分で、今回は何等の災害をも受けなかつた。

B 30~40 年生のアカマツ林で今回崩壊した部分。

C A の一部が B と共に崩落した部分

Fig. 7. Showing relation between old and new landslips. A is the old landslip in 1935, now planted some trees with mycorrhizas and covered by young forest, being not damaged this time. B is the new surface of rupture, formerly covered by pine grove, 30-40 years old. C is the part of A, slipped down this time in accompany with B.

形成することなく、寧ろ雨谷を形成し易い浸蝕が行われ、それに依つて荒廢の状態がもたらされると考えられる。

今以上のやうな解釈を正しいとすると、地上の植生が充分発達しないで、根系に依る板状の層の形成が不完全である場合に、却つて崩壊が発生し難いと云う結果となる。このことは今回のような山地の崩壊の発生に関する限り、一應認めて差支えないと思われるが、然し他方では

その後この崩壊面に萱條工を施し、ヤマハンノキを主とし、これにヤシブシ及び少数のアカマツを混じて砂防造林を行つた部分で、今日も尙萱條工のあとがよく保存されている。砂防造林後時日の経過が浅いので、鬱閉はまだ不完全で、地表は裸地に近い状態である。Bはこれとひと続きの略同じような傾斜面で、今回新しく生じた崩壊面である。この崩壊面の上には 30~40 年生のアカマツを主とする植生が発達していた。CはBに伴つて崩壊を起したAの一部である。その他、このように過去の崩壊地に砂防造林を行つた山腹で、今回の災害に際し何等の異常も示さなかつたものが、地藏岳附近にも 2カ所知られている。こういう事実の調査が未だ不充分であつて、著者は僅かにこの三つの例をもつているに過ぎないが、若し同じような事実が将来多数知られ、傾向的に見て著しいものであることが確認されたならば、この事実は誠に重要で、これを一應次のように解釈して見ることも出来るのではないかと思う。

即ち既往の砂防造林地では植物の発達がまだ充分でなかつたので、雨水は地表層を自由に滲透し流下し去ることが出来る。そして地表層に板状の堅い層がないために崩壊の現象は起らなかつたのである。然るに植生がよく発達し、根系に依る板状の層が形成されている第 7 図 B の部分は、板状層の下の滲透水が滑剤となつて崩壊を起したのであろう。若し板状層が形成されていない、若い砂防造林地に雨水が作用すれば、上述のような崩壊面を

このような山腹は平常の降雨に依つても容易に土砂を流出する可能性が大きいので、治山治水と云う立場からは問題が自ら別個のものとなることは、茲で更めて云うまでもない。

## B 崩壊地の發達史

既述の如く山地の崩壊は常に傾斜面上の上方に開始され、漸次下方即ち谷底に向つて進展して行くのが一般である。そこで特に注意しなければならないことは、山地の崩壊は谷の浸蝕に依つて、傾斜面上の地表層が不安定になつて崩落するのとは異ると云うことである。即ち浸蝕に依つて谷床又は河床が低くなることゝ、茲で問題としている崩壊とは全く関係がない。谷が浸蝕されるために、傾斜面上の地表層が不安定となつて、遂に崩落を起す結果形成される崩壊も明かに存在するので、崩壊の發達史を記述する前に、一應この問題を取り上げて吟味しておく必要がある。

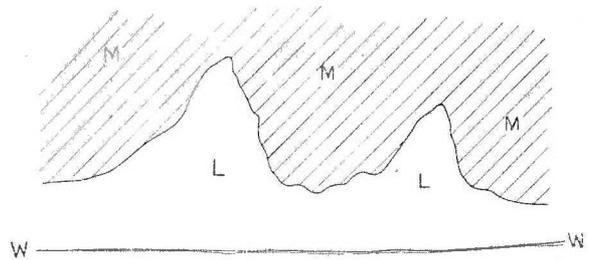
先づ第一に、谷が浸蝕を受けて低くなるために、傾斜面上の地表層が不安定となつて崩落を起し、その結果発生する崩壊は、その形態を見ると常に第8圖に示す如く下方に広く、上方に向つて急激に狭くなり、谷を底辺とする略三角形の崩壊面を形成する。そしてその高さは通常余り高いものではなく、

長年月の間に次第に上方及び側方に向つて進展して行く。然るに茲で問題とする崩壊は、その崩壊面の形態が却つて上方に大きく広く展開し、下方に向つて次第に小さく狭くなつてゐるのが普通である。このような崩壊が極端に發達した場合でも、少くとも上方よりも下方に於いて崩壊面が広く大きい場合はまれである。

次に問題の崩壊ではそれが更に發達すると、後に述べるように、上方はスプーンのような中凹みの傾斜地で、下方は次第に浸蝕され、深い細い水谷又は雨谷 Ravine を形成することがあるが、谷の浸蝕に依つて谷壁が崩落して生じた崩壊面には、通常このような雨谷の發達は見られない。前者は平面的な斜面又は中凹みの沢狀の斜面に發達するが、後者は中高の尾根狀の斜面に多く、且つ谷が曲流する場合に、曲部流の外側に發達し易い傾向がある。

以上の如く崩壊地に二つの全く異なるものがあるが、谷の浸蝕と密接な関係を有する崩壊地は、その數に於いて甚だ少く、實際的には殆んど問題として取り上げられない。他の一つは谷の浸蝕と全く関係のないもので、これが林業上及び社会上に大きな問題を提供している。これだけの概念を前提として、以下その發達史を述べる。

さて赤城火山林に發達する多數の崩壊地に就いて觀察し得た事實を総括すると、次のように



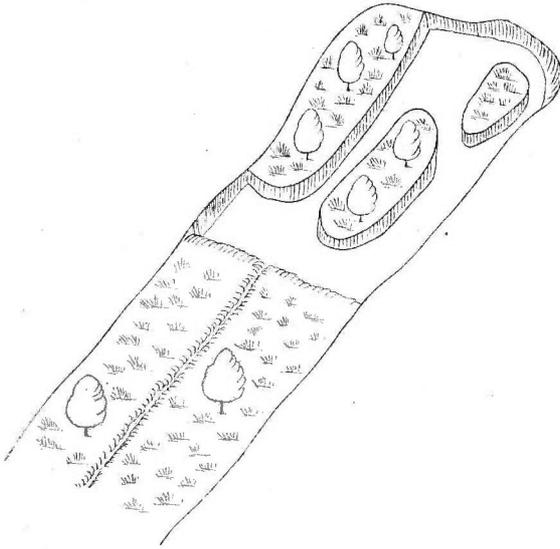
第8圖 谷の浸蝕によつて形成された崩壊面。

WW. 谷床 M. 山腹傾斜面 L. 崩壊面

Fig. 8. Surface of rupture formed by erosion of valley. WW Valley; M mountain slope; L surface of rupture.

崩壊地の発達史を明かにすることが出来る。

先づ既述の如く茲で問題とする崩壊は、常に最初傾斜面の上方に発生する。そしてこれらの崩壊地の中には、往々崩壊の最も初期の状態を示すと思われるものが、よく保存されているこ



第9図 傾斜面の上方に崩壊の発生した初期の状態。植物の根系で出来た地表の板状層がブロックをなして下り下る。崩壊面の下方の斜面は崩壊しないが、その植生は破壊され、雨谷の形成されることがある。

Fig. 9. Early stage of landslide occurred on the upper part of mountain slope. The platy blocks having original state on them slip down the slope. The lower part of surface of rupture is usually ruined, but not slips and ravine often develops on it.

合しあつた板状の層が地表層の上層部に形成されていることが、山地の崩壊に対して極めて重要な意味をもつことも「植生と崩壊地の関係」の項で述べた。

これらの事柄から崩壊の初期に於ける地表層の運動状態を考えて見ると、それは「地送り」の場合に於ける地送り塊の運動状態と全く同じであることがわかる。即ち林木の根系に依つて堅く結合された板状のブロックが、集塊岩からなる基盤の上で、雨水又は雨水中に多量の土砂が分散した様な泥土水を滑剤として下る運動である。

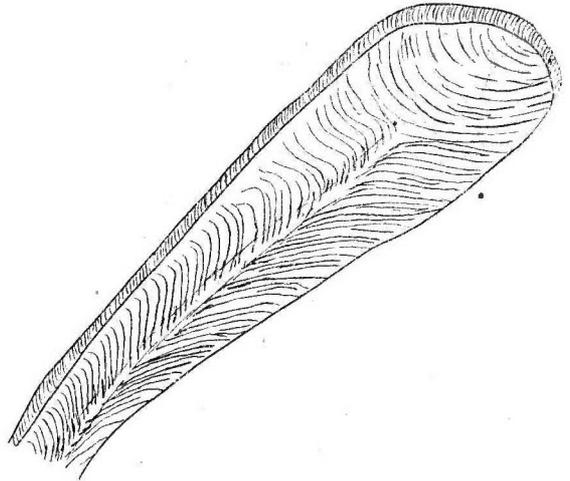
こうして傾斜面の上方に崩壊が発生すると、その下方の斜面は著しく荒廢する。然し上方の如く地表層の崩落が行われない場合が相当にある。然しこの場合にも上方の崩落に伴つて、やゝ大きな林木以外の地表植物は殆んど取り去られ、斜面上には屢々数本の溝状の小さい雨谷の発達を見ることが多い。

以上が山地に発生する崩壊の初期の状態であるが、一度崩壊面が形成されると、次はこの面

とがある。この初期の状態は第9図に示すように崩壊面の上に、基盤から分離され、そしてある場合には多少下方に移動したと思われる地表層のブロックが残存している。このような状態のものに就いて見ると、崩壊面の上に残存する地表層のブロックは、通常厚さ30 cm 内外で、厚い場合でも50 cm を越えることは稀である。このブロックは林木の根系がよく発達し、それに依つて結合された一つの板状体であつて、板状体の上にはもとのまゝの状態がよく保存されている。そして崩壊面そのものは殆んど常に基盤をなす集塊岩の直上である。

傾斜面の上方が先づ崩壊を発生し易い理由に就いては、既に「地形と崩壊の関係」の項に於いて一應の理論を提案した。そして林木その他の地表植物の根系に依つて、網目状に互に密に結

上に雨水に依る浸蝕が開始される。そしてこの浸蝕のために、崩壊地には次第に下方に向つて深い狭い雨谷が刻まれてゆく。この状態を示すと第10図の如くで、その結果崩壊地は上方に広く、スプーン状の傾斜面をもち、下方に向つて次第に狭く、且つ鋭いV字形の谷を形成しつつ細長く発達してゆく。然し乍ら鋭いV字形の雨谷は常に必ずしも形成されるのではなく、崩壊面が全体として浸蝕を受け、次第にその大きさを広げて行くような場合も少くない。



第10図 崩壊面発達の終局の状態。  
Fig. 10. The last stage of development of landslide.

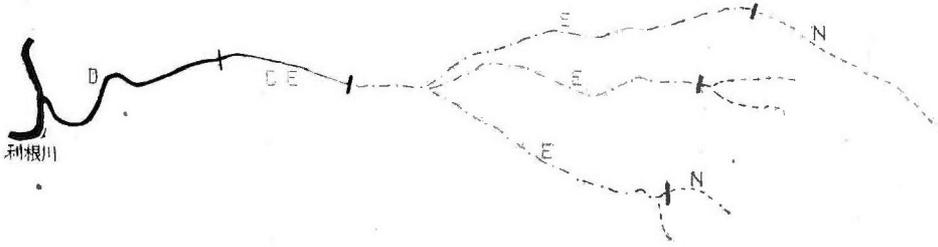
### III 土 石 流

土石流は赤城火山の外輪山を中心にして、四方に放射する殆んど凡ての谷に発生し、大きな災害をもたらした。そのうち今回調査したのは砂川、沼尾川、天竜川、白川及び黒檜山附近のものである。これらの凡ての谷に於いて土石流は昭和22年9月15日の午後3~4時頃、殆んど同時刻と思われる頃に相前後して発生した。土石流発生前後の状態、土石流の活動状態、土石流に依る災害状況などが、みな甚だよく類似しているのを、主として敷島村沼尾川に発生した土石流を中心として記述を進める。

#### A 土石流発生前後の状態

沼尾川は昭和10年の洪水に依つて相当の災害を被つたので、その後深山部落より下流の全流域にわたつて、幅平均15m(8間)の護岸工事を施工し、河川の改修を行つた。平常は水量の余り多くない川であるから、河川改修後はその兩岸に次第に家屋が建造され、水田、畑地などが発達して平和な山村の風景が展開されていた。こうした平和な風景も、昭和22年9月15日に発生した大規模な土石流のために、短時間の間に破壊し去られ、その後は殆んど谷全体が石礫で被われて広い河原に変化した。そして新しく形成された河原の幅は現在では100~150mに及び、最も広い部分では200m以上に達しているところがある。

先づ沼尾川及びその支流の前入、中入などの沢が、土石流に依つてどのような変化を被つたかを述べる。便宜上沼尾川及びその支流を第11図に示すように四つの帯に分けて記述を進め

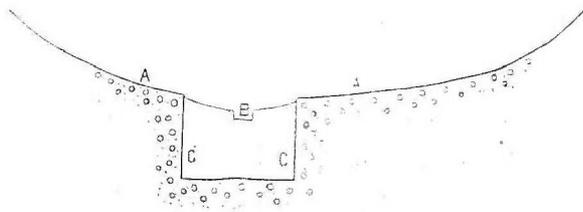


第11図 土石流による沼尾川の変化。N、無変化帯 E、浸蝕帯 DE、浸蝕及び堆積帯 D、堆積帯

Fig. 11. Numao-gawa ruined by mud and stone flow. N unchanged valley; E eroded valley; DE eroded and deposited valley; D deposited valley.

てゆく。

**N 無変化帯** この帯は沼尾川の上流の部分で、土石流発生の後に於いても、全体として著しい変化を被つた様子の認め難い部分である。然し局部的には小さい沢より押し出した石礫に依つて、扇状の堆積を作つている部分がある。

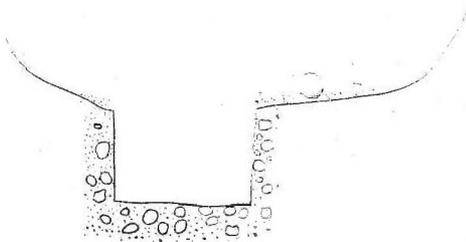


第12図 深山部落に於ける“前入り”の沢の土石流奔流前並にその後の状態。A 民家及び畑地、B 土石流奔流前の地形、C 土石流の浸蝕に依つて出来た新しい谷。

Fig. 12. U-shaped valley (C) formed by erosion of mud and stone flow, and its former topography (B) at Miyama, a small village along Numao-gawa. A is gentle slope with fields and houses on it.

**E 浸蝕帯** この部分では専ら谷の浸蝕が行われた。その結果谷の両側は断崖となつて、深くU字形に浸蝕されている。断崖の高さは3~5mあり、最も高い部分では15m以上に達している。例えば深山部落で、前入りの沢が沼尾川に注ぐ合流点附近では土石流発生後の現在は深くU字形に浸蝕されており、両側の崖の高さは7~8mに及んでいる。そし

てこの附近のもとの地形は第12図に示すように中凹のゆるい沢で、平常は水のない空谷に僅

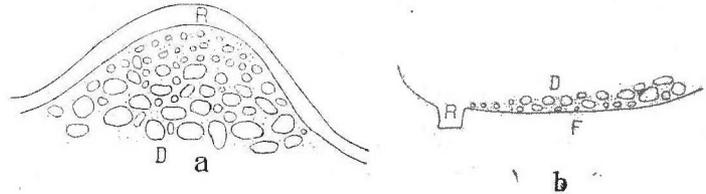


第13図 沼尾川の浸蝕帯に於ける谷の断面。

Fig. 13. Section of the eroded valley of Numao-gawa.

に小さい橋が架けられてあつた。浸蝕に依つて生じた谷の断崖は、時に巨大な岩石を混じた砂礫で構成されており、その中に径30cm内外の林木を埋没しているところがある。この林木は恐らく、過去に於ける同様の事件に依つて埋没されたものかと思われる。浸蝕帯の谷に於いても、所に依つては極めて粗大な礫及び砂などが、耕地或はもとの谷床の上を薄く覆つてることがある(第13図)。

**DE 浸蝕及び堆積帯** この帯では一方で浸蝕が行われ、川は略U字形に深く断崖をなして浸蝕されると同時に、他方では相当厚い堆積が行われた。こゝで行われた堆積の状態を見ると、第14図に示すように、浸蝕の行われた部分、即ち川底から遠い所に、より粗大な石礫が堆積し、川底に近づくに従つて堆積物は漸次小さくなつて行くような傾向が顯著であるが、この現象は一般に我々が河川に就いて観察し、概念付けている堆積様式とは逆である。このことは恐らく土石流のように、大量に土石石礫を含んだ流水



第14図 沼尾川の浸蝕及び堆積帯に於ける谷の平面 (a) 及び断面 (b)。R U字形に浸蝕された川。D 石礫の堆積。F 畑地及び水田。

Fig. 14. Plan (a) and section (b) of eroded and deposited valley of Numao-gawa. R U-shaped eroded valley; D deposit of gravels; F fields and rice-fields upon which the deposition of gravel occurred.

が、比較的短時間に、一挙に河を流れ下る場合に見られる特徴的な現象であろうと考えられる。即ち土石流が最も盛に流下してその運搬力が最も旺盛な時に、流れの最も弱い部分に粗大な石礫を沈積し、その後急に流れが弱まり、運搬力が急におとろえる結果、堆積物は次第に小さくなつて行くのであろう。

**D 堆積帯** この部分は専ら石礫の堆積が行われ、谷の浸蝕は全く見られない。堆積の厚さは2~5mあり、著しいところは10m以上に及ぶ部分もある。堆積物は50cm以上の粗大な、且つ大体に於いて大ききのそろつた石礫が主であつて、堆積物の大きさに於いて、他の帯に見るような変化がとぼしいことが特に注意される。

以上が土石流の発生に依つて沼尾川が被つた変化の大体的様子であるが、これを要約すると、沼尾川の上流及び中流の部分がその川床を深く浸蝕され、そこにあつた石礫が運搬されて下流の部分に厚く堆積したのである。

## B 土石流の活動状態

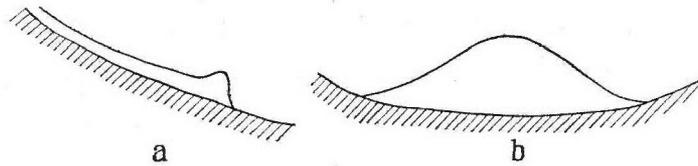
土石流の活動状態に就いて出来るだけ多数の当時の目撃者より聞き得たところを總括すると、大凡次のようである。

土石流の発生した時刻は、深山部落附近で大體午後3.30~4.00時頃と推定され、これが津久田村役場附近に流下したのは略4.30~5.00頃であつたということである。土石流の流下する音は丁度飛行機の編隊の音響に似ており、余程遠くから聞き得たと云う。

9月15日はそれより前に数日降り続いた長期降雨の後をうけ、朝より相当激しい降雨であつた。このため沼尾川はかなりの増水をきたし、辻久保部落附近では護岸の堤防が危険を感じるに到つたので、警防團の出動を行い、万一の場合にそなえて待機していた。ところが正午頃に

なつてやゝ減水したので、警防團は一時解散して引上げた。降雨はこの頃より一層激しくなり、殆んど細引のような太い雨が降り続けたと云うことである。然し深山部落では土石流奔流の直前まで、沼尾川の出水の状態には大した変化がなく、水は護岸の堤を越えてあふれ出すようなことはなかつた。そして土石流奔流の直前まで護岸の堤の上にあつて、流下する材木をひろい上げていた者もある。又前入りの沢では小さい橋の落ちる危険があつたので、これの警防に当つているうちに、小山のような土石流の急激な奔流が背後に迫つているのを見て、逃れ出す余裕がなく、その先端にさらわれて150 m以上も流された者がある。要するに土石流が一気に奔流する直前まで、出水の状態その他に著しい変化がなかつたのであるが、このことは他の地域、例へば砂川、白川の方面でも全く同様であつた。

即ち土石流は常にどの場所に於いても、一気に小山の如くなつて押し出し、その継続時間は極めて短時間であつた。この継続時間が何程であつたかは目撃者に依つて甚だしく異なるので、真にどの程度であつたかの推定は困難であるが、水位の著しく高かつた時間が、10分以上も継続したと思われるところ

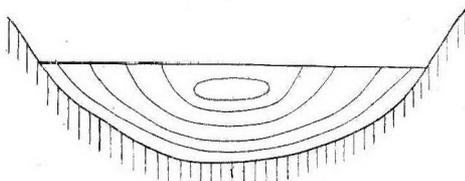


第15図 土石流の縦断面 (a) 及び横断面 (b)。  
Fig. 15. Longitudinal section (a) and cross section (b) of mud and stone flow.

はないようである。土石流通過後の谷の状態はそれ以前と全く異り、現在見るように荒廃し去つて、1~2時間の後には水は急激に減少し、新しく

出来た河原を自由に通過することが出来た。

土石流の先端はあたかも小山のように盛れ上り、その断面の状態を示すと第15図の如くであつたと云う。沼尾川のみでなく、他の河川でも殆んど凡ての土石流はこの断面で示すような形態であつたが、利根川に於いても大洪水の時の流水の状態は、横断面で示すと矢張り第15図bの如く中高でドーム状の形態であつたと云われている。一般に大洪水の際の河水が、断面でこういう形を示すことは従来も屢々注意されたことであるが、それは如何なる理由に基くのであろうか。これは甚だ興味深い問題で、又甚だ難解な問題でもあるが、土石流をより深く理解



第16図 川の断面に於ける流水の等速度曲線  
Fig. 16. The same velocity curve on the section of water flow. The central ellipse shows the part of highest velocity.

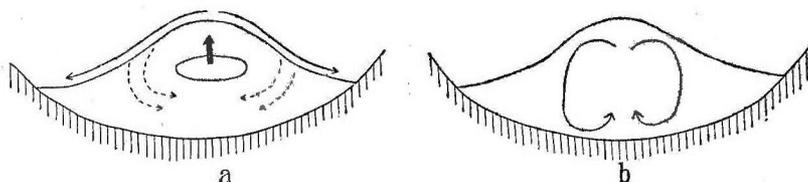
するためには、是非解決しておかなければならないと思われるので、茲では一應次の様に解釈して、尙多くを将来の研究にまつことゝしたい。

先づ土石流の先端が、第15図aで示す如く、小山の様に高く盛れ上る現象は、傾斜面に一時に多量の水を流下させた場合に、その先端が盛れ上る現象と全く同じに解釈することが出来る。先端部は一般に摩擦が大きく、且つ空気に

対する抵抗も大きいので、流速が小さくなる。然るにこれより後方の部分は流速が大きいから、後方より流下する水は先端部に乗り上げるような結果となり、このために先端部が盛り上がるのであると考えられる。

次に土石流の断面が第15図bで示すような中高のドーム状の形態をとるのは、恐らく流れの各部分に於ける流水速度の相違に基くのであろう。この流水速度の相違が大きな洪水の場合には一層甚しくなるために、遂にドーム状の断面を示すようになる。

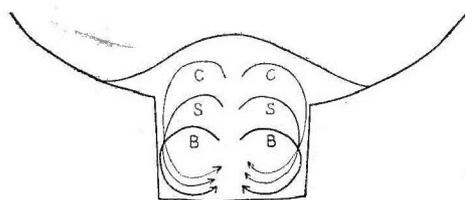
今流水の断面に於ける各部分の速度を見ると、第16図に示す如く、最も速度の大きい部分が、断面中央の水面よりやゝさがつた部分にあり、それより四方に向つて次第に速度が小さく



第17図 Fig. 17.

なる。その様子を等速度曲線で示したものが第16図で、これは河川の流速に関する一般法則である。この一般法則を、仮りに問題の土石流の場合にも適用することが許されるならば、そして更に、一時に多量の水が起つた場合にも、近似的に適用することが許されるならば、次の様な解釈の成立が可能となるであろう。

即ち土石流の運動中に於けるある瞬間の断面を示すと、第17図の通りで、第17図aの中で楕円で表わした部分は、流速の最も大きい部分である。換言すれば、この部分は後方より大きな流速で押されている部分であり、従つて最も大きな圧力を受けていることとなる。この圧力は太い矢印で示した方向に向つて分力を生じ、この分力が水を上方に押し上げる。そして押し上げられた水は細い矢印で示すように、両側に



第18図 土石流中の土砂石礫の運動。

B 礫の渦巻き、S 砂礫の渦巻き、C 土砂の渦巻き。

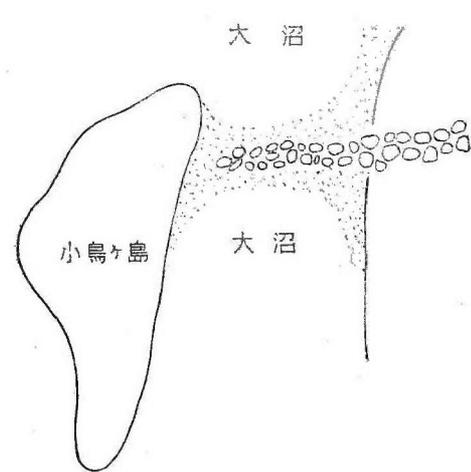
Fig. 18. Movement of mud (C), sand (S) and gravel (B) in the mud and stone flow.

向つて移下する。その結果中高のドーム状の断面が形成されるが、両側に移下した水は再び中央の流速の大きい部分に向つて、点線の矢印で示すような運動を行う。こういう運動が連続して行われる結果は、第17図bに示すような渦巻の運動となつて現はれる。つまり土石流は、このような渦巻きの運動を行いつつある大量の土砂石礫を含んだ水が、流下する現象であると解釈される。この解釈に依つて土石流が、第15図に示したような断面を形成しつつ流下することがよく説明される。茲で尙、土石流に依る浸蝕、並にその浸蝕に依つて河床より分離された土砂石礫は、第18図のやうな運動状態を示すことが考えられる。即ち土石流の下部では、

比較的粗大な石礫と土砂が渦巻きの運動を行い、上部に向つて次第に微細なものゝみが渦巻きの運動を行いつゝ前進するのである。土石流の流れをこの様に考えて見ると、土石流に依つて浸蝕を受けた谷が、U字形に発達する理由も説明し得る。

以上が沼尾川に発生した土石流に関する大略であるが、以下補足的にその他の地域に於ける土石流に就いて述べる。

赤城火山の最高峯である黒檜山には、その北西側及び南西側の沢に数本の土石流が発生して



第19図 小鳥ヶ島に押し出した土石流の堆積。  
Fig. 19. Deposition of mud and stone flow run against Kotoriga-shima, which is a small island in Onuma, a volcanic lake. This island seems to be the remain, as an island, of the former mud and stone flow.

いる地点は、過去に於いて既に何回か同様の現象が繰り返して発達したと信ぜられる地形を示し、蘚苔の生育した大小の石礫が厚く堆積している。そしてこのような一種の「押し出し」に、成因的關係を有する地形であることは、5万分の1地形図にもよく現われている。

茲で特に注意したいことは、大沼の北西隅にある小鳥ヶ島とそれに相隣る小さい二つの島に就いてである。これらの島は恐らく過去に行われた土石流の押し出しの一部が、大沼中に島として残つたものであるらしい疑がある。小鳥ヶ島は9月15日に発生した土石流のために、現在は陸続きの半島状となつている(第19図)。島の内部には大小の凹凸が多く、所に依つて石礫の多い部分がある。この附近にある小さい島



第20図 小鳥ヶ島附近の小さい島の構成物。  
Fig. 20. A small island near Kotoriga-shima, consisted of larger gravel and sand, which might have been the deposition of former mud and stone flow.

では植物が殆んど繁茂していないので、その内部の構成状態をよく観察することが出来る。それは第20図に示すように、殆んど石礫を主とする島で、土石流に依る堆積物であるらしいことを示している。小鳥ヶ島を陸

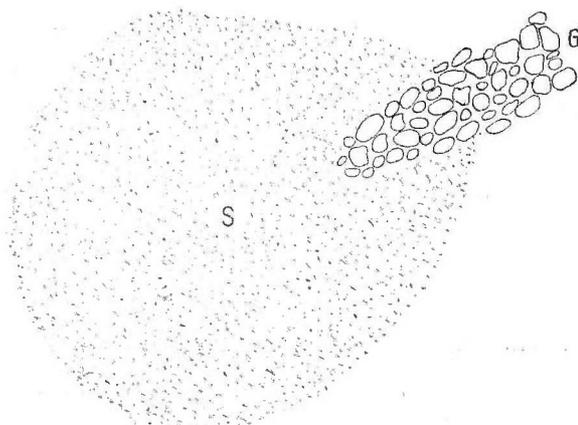
続きの半島とした今回の土石流の堆積を見ると、第19図に示すように興味深いものがある。即ち押し出しの中央部は大きな石礫を主とする堆積物で構成されており、その両側は砂を主とする堆積物で構成されている。このような堆積状態は後に述べる原之郷村の場合と同じく、土石流が流下して一時に堆積を起した結果、こういう見事な淘汰が行われたのである。

富士見村白川の三輪に於ける土石流も、活動状態その他色々の点で全く沼尾川の場合と同じで、特に茲で取り上げて記すほどのことはない。たゞ白川の流域には昭和10年の災害の後に

数本の砂防堰堤を設置したが、これらの堰堤の全部が今回の土石流に依つて、部分的には僅に破損を被つたものもあるが、致命的な破壊を受けていない。恐らく堰堤の効果と見るべきであろうが、白川は沼尾川に比して、遙に河床の浸蝕が少ない。土石流の通過地点に於ける堰堤が、殆んど著しい破壊を受けていない例は砂川流域にもある。これらの事実は土石流の作用が、堰堤を破壊し去るほど大きなものでないことを示しており、恐らく既述の如き特有の浸蝕作用に抗し得れば、堰堤の安全は充分期待し得ると思われる。要するに以上は、土石流の災害防止の対策を樹立する場合の、重要な参考資料を提供するものである。

白川の下流地域に当る小沢、原之郷、日輪寺方面も、土石流による致命的災害を被つた地方である。この地方に発生した土石流は白川上流の三輪附近に発生した土石流とは全く関係のないものである。即ち三輪附近では夕刻の4~5時頃に発生しているが、この地方では午後3~4時頃に起つている。時間的に見て下流の方に早く発生したわけである。この土石流の原因は、小沢部落の北にある白川橋に流木その他種々の流出物が累積して白川を堰きとめ、上流に甚大な溜池を形成したことにある。この溜池の水が一時に堰を切つて奔流したため、小沢、原之郷等ではそれが土石流となつて流下した。この地方を流れる白川も昭和10年の災害以来護岸工事を施して河川の改修を行い、白川橋はこれに架せられた鉄筋コンクリートの小さい橋である。改修された河川の幅員及び橋の規模が、今回の洪水の水量に対して小さ過ぎたことに原因の重要なものがあると云われている。尚白川橋が小さかつたことの外に、頑丈に過ぎたことも原因の一つであつたといわれる。

小沢及び原之郷を一瞬で荒廢せしめた土石流は、日輪寺に到つてこゝに厚く砂礫を堆積して靜止した。堆積物の厚さは平均2mで、その堆積状態を理想化して示すと第21図の通りである。即ち原理的には、前述した小鳥ヶ島に於ける土石流の堆積作用の場合と同じで、粗大な石礫を主とする堆積物の先端に、扇状となつて砂のみからなる堆積が厚く発達している。



第21図 原の郷村附近に於ける土石流の堆積物。  
G 大きな石礫からなる堆積物、S 殆んど砂からなる堆積物。

Fig. 21. Deposition of mud and stone flow at the neighbourhood of Haranogo-mura. G is consisted of larger blocks and S is deposition of sand.

## IV 崩壊と土石流

前述のように赤城火山体には、昭和22年9月中旬の長期にわたる降雨、並にそれに引続いた同月15日の豪雨に依つて夥しい崩壊地が形成された。これら崩壊地の中には既に以前から存在し、この機会に更に規模を大きくしたものもある。

このような崩壊地が各所の河川、溪谷に発生した土石流と、どのような因果関係にあるであろうか、ということは色々の意味で興味があり、且つ重要な問題であるので、茲で特にこの問題を取り上げ検討を加えて見たいと思う。

先づ第一に注意しなければならないことは、土石流の主体をなす大小の石礫が一体どこから供給されたか、という疑問が提出されることである。然しこの疑問の解決は前述した所から容易に得られる。即ち崩壊の項で述べた如く、これらの石礫は崩壊面にはなく、土石流が谷を浸蝕し乍ら、そこにあつた石礫を運搬して堆積したのであることは、「土石流」の項で述べたところから明かである。

次に沼尾川、砂川、天竜川、櫻沢等ではその流域一帯にわたつて、広く多数の崩壊地が形成されているが、白川流域には崩壊地が甚だ少い。流域に崩壊地を殆んど或は全く伴わずに土石流を流下している例は、荒山、黒檜山等の沢に多数存在する。今回は調査を行う機会を持たなかつたが、利根郡赤城根村字根利の南方にある沢では、その流域に崩壊地の発達が少ないが、谷には大規模な土石流が発生している例もある。更に上越線岩本駅附近で鉄道線路に大きな被害を與えた土石流も、流域に崩壊地の殆んど存在しない小さい沢より押し出したものである。

以上僅に二つの事実に過ぎないが、これらの事実は山地の崩壊と土石流との間に何等直接的因果的関係のないことを示すものである。従つてこの両者の關係に就いては一應、これを次の如く結論するのが最も妥当であろう。即ち土石流とその流域に発生した崩壊とは、両者の間に因果関係のない二つの相異なる自然現象である。然し乍ら多くの場合に、発生の原因は同じで、両者が相伴つて発生し易い二つの関連性のない現象である。

茲で注意したいことは、山地の崩壊に依つて生じた崩土が一時的に谷を堰き止め、そこに溜池状の水溜りを形成し、この一時的溜池の水が遂に堰を切つて奔流すると、これが土石流をひき起す有力な原因になり得る場合があることである。これは白川の下流に発生した土石流の場合と原理的に同じであるが、然し狭い溪谷などでは可能性の大きいものとは考えられない。従つて赤城火山の各所の河川、溪谷に発生した土石流の大多数のものに対して、このような土石流発生理論を考慮する必要は殆んどないといつて差支えない。

## V 荒廢地の復舊対策

赤城火山に発生した崩壊並に土石流に就いて以上述べたことを基礎とし、災害復旧対策に対する根本的な若干の問題を取り扱つて見たい。災害復旧対策と云うような問題となると、それが学術的、技術的に困難である場合よりも、むしろ政治的、経済的に困難である場合が多く、この点でその実行に当つて多くの難関に当らなければならないであろう。そしてこのような難関は個々の場合に当つて見て初めて、夫々に解決して行くべきで、茲では單に根本的な指針と云つたような問題を主として取り扱かうことゝしたい。

先づ復旧対策を練る場合に第一に問題となることは、今回赤城火山体が被つたような災害が再び繰り返えされるかどうかと云う問題である。この問題に対する見透しはむしろ容易であつて、この種の災害は将来再び繰り返えされると云うことを前提として差支えないであろう。即ち赤城火山の主体をなす岩石が、水の風化浸蝕に対して抵抗力の小さい集塊岩であり、過去にも何回か同じような災害を繰り返えしていることが確認し得た以上、今述べたような前提を置いて復旧対策を練る必要があることは、茲で多くを云々するまでもない。

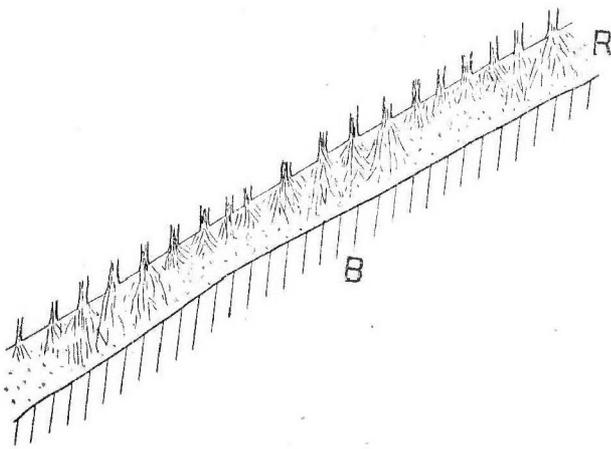
災害復旧対策を考える場合、崩壊地に対する対策と土石流に対する対策の二つに分けて述べる必要がある。

### A 崩壊地に対する対策

崩壊地に対する対策は、土石流に対する対策とその心構えに於いて根本的に異なる。即ち崩壊地の場合には、その発生を防止しようとする試みが必ずしも不可能であると断定し得ないし、又現在の崩壊地を復旧することも容易であり、且つ有効であると信ぜられるからである。即ち崩壊地の復旧に対しては、土石流のそれに対するよりも遙に積極性をもつて対し得るからである。

崩壊地に対する対策としては二つの場合を分けて考慮しなければならない。その一つは山地に出来る限り崩壊を発生せしめないための対策で、他は現在の崩壊地を復旧し、又は現状より更に發育せしめないための対策である。

先づ山地に崩壊を発生せしめないようにしようとする対策に就いて考えて見る。崩壊を生じ易い色々の根本的な条件に就いては既に述べたが、例えば特に崩壊を起し易い山腹では、深根性の潤葉樹を造林し、その取り扱いとしては、傾斜方向に対して横に細い帯状択伐を行う。特に崩壊を発生し易いのは傾斜面の上部であるから、このような部分には深根性の潤葉樹と残根性の潤葉樹とを横に條狀に混植する。これは崩壊発生のも最も重要な因子の一つが、地表層の上部に形成される植物の根系による板狀層の發達にあるので、この板狀層の下側の面に第22図のような波状の変化を與え、板狀層の迂りの運動に出来る丈大きな摩擦を與えようとする試みである。崩壊を発生し易い斜面の中腹以下は崩壊し難いのであるから、こういう部分には深根



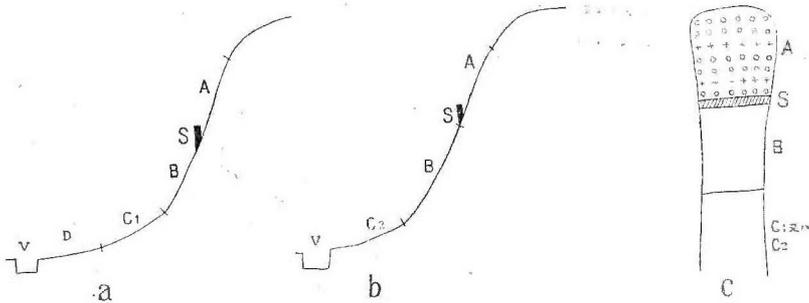
第22図 崩壊面上に於ける砂防造林。R 深根性及び浅根性の二種の根系を組合せて出来る板状層、B 基岩。

Fig. 22. A plan for silviculture on the mountain slope liable to landslip. R shows platy layer consisted of two root system, the one shallower and the other deeper. B is bed rock.

性の潤葉樹を残しておく。それによつて上方に崩落が起つた場合、その崩壊を下方にまで発展させない機会が多くなると共に、崩壊の災害を軽減する事も可能である。

次に崩壊地の復旧に対する対策であるが、これは砂防工事並に砂防造林を施行した既往の崩壊地が、今回災害を被らなかつた实例から見ても、その復旧が左程困難なものではなく、又砂防工事そのものが治山治水上有効であることがわかる。然しこの場合考えなければならぬことは、砂防造林に成功し、崩壊地が植生で完全に覆

われると、やがてその地表層には根系による板状層が形成され、再び崩壊を起す危険が極めて大きくなることである。即ち何れは再び崩壊を起すべく必然的に運命付けられた部分である。けれども崩壊地を植生で覆うと云うことは別の立場、例えば不断に多量の土砂を流出して、河川に濁流を流すことを防止しようとする立場から、その必要性を否定し去ることは許されない。そこで砂防造林に対する根本的な行き方を、このような消極的な立場から一步を進め、こ



第23図 崩壊面造林計画。a, b は縦断面、c は平面。A 崩壊面 ハゲシバリ、トゲナシニセアカシヤ、ヤシヤブシ等の肥料木(cの一印)にクリ(cの+印)の如き特用樹種を條狀に混植する。S 石積、B ケヤキの造林、C<sub>1</sub> 桑、C<sub>2</sub> 桐、D畑又は水田、V 溪谷。

Fig. 23. A plan for silviculture on the surface of rupture; a, b are longitudinal sections and c is plan. The sign o in c means tree with mycorrhiza and + chestnut tree. A surface of rupture, on which trees with mycorrhiza and useful one like chestnut tree will be planted; S stone wall; B Keyaki-tree; C<sub>1</sub> Kuwa-tree; C<sub>2</sub> Kiri-tree; D field or rice-field; V valley.

れに生産的な要素を少しでも加味する試みがなされること**が**必しも無駄ではあるまい。こういう考えで砂防造林を行うとすれば、造林樹種としてハゲシバリ、ヤシヤブシ、ヤマハンノキ、トゲナシニセアカシヤ等の肥料木を主とし、その間にクリなどの特用樹種を混植することが考えられる。又山腹の上方のみが崩壊を起している場合であれば、第23図にあるような造林計画も考えられる。即ち第23図aは人里に近い崩壊面に対して行い、bは人里から遠い山林の崩壊面に対して行うのである。

以上は主として、赤城火山の主体をなす集塊岩の上で行われるべき崩壊地に対する対策であるが、粘土質土壌の上ではこれとやゝ趣を異にする。即ち粘土質土壌の上では一般に崩壊を発生し難い。然し乍ら裸地又は芝地等の無林地では水の浸蝕を受け易く、特有の荒廢地を形成する。そしてこのような変化は必ずしも多量の降雨の際に限らず、平常の降雨に依つても被り易いから、粘土質土壌の地域は常に森林で被覆しておくようにしなければならない。尙安山岩熔岩の山地では崩壊は発生し難いから、特に崩壊を考慮した森林の取り扱いを必要としない。

## B 土石流に対する対策

赤城火山の河川、溪谷は今後も再び土石流を奔流せしめる可能性が大きい**が**、これに対してその奔流を防止しようとする対策は、常識的に考えると先づ無意味なものと云わなければならない。従つて土石流が発生した場合に、その災害を出来得る限り最少限に止めようとする対策をたてる以外に、我々に與えられた可能な方法はない。この点崩壊の場合と異り、土石流に対しては消極的な対策が考えられるのみである。

土石流に依る災害を出来得る限り最少限に止めようとする対策も、實際問題となると、主として政策面から見て甚だ困難であることが多い。

最も理想的に云えば、土石流に依つて災害を被つた場所の多くは、これをそのままに放置するか、或は森林、畑地等に利用することが望ましい。然しこれは政策的に見てなかなか困難なことであろう。或は昭和18年7月5日神戸市をおそつた土石流の場合では、災害を被つた地域を公園などに利用し、再度の災害に対して損害を少くすることを考えるのも一つの方法と思われるが、今回の場合のように被害を受けた場所が山村であると、このような対策も殆んど無意味である。従つて将来再び災害跡には各種の人文景観が出現することであろうが、これに伴つて河川の改修も行われると考えられる。沼尾川では既に一部の河川改修が行われつゝある。そこでこれらの改修工事と並行して、今回浸蝕帯となつた部分には、出来得る限り砂防堰堤を設置することが望ましい。若し今回浸蝕を受けた沼尾川の上流部にこのような堰堤が数本設置されていたならば、下流に於ける堆積帯の災害は、恐らく現在よりも遙に輕微で終つたかもしれない。このことは白川の例に就いて見ても明かなことゝ思う。土石流の運動状態から考えて、砂防堰堤がある程度深く設置されておれば、両袖が必ずしも岩盤に接着されていなくても、致命的な破壊を被らないであろうことも白川流域の堰堤の例について推定し得る。

若し今回の災害個所で、特に堆積帯などに建造物を作らなければならない場合には、その上流部にケヤキ、クリ、ナラ等の潤葉樹を植栽しておくことが必要である。災害跡地に屢々これらの潤葉樹が何等の被害も受けずにあるのを目撃し得るし、又そのために流失を逸れ得たと信ぜられる家屋も少くない。従つて消極的な方法ではあるが、一應考慮しなければならない対策の一つであろう。

尙富士見村原之郷附近をおそつた土石流はその原因を見ると、必ずしも回避し得なかつたものとは思われない。即ち河川の改修とそれに伴う橋梁の設計がよろしきを得たならば、あのやうな災害を被ることはなかつたかもしれない。将来行われるこれらの工事に際しては、この点を充分考慮しなければならない。

要するに、土石流はそれが再び将来発生するであろうことは否定出来ない。たゞ発生の時期が問題であるが、これは勿論人力では如何ともなし難いことである。従つて以上述べたやうな大綱によつて対策をたて、原状への復興に努力することが最善の方法である。

## VI 山崩と洪水、特に森林との關係

本論での崩壊、土石流などのとり扱ひ方には、従來の一般的な概念と可成り相違する点が少ないので、誤解をおこさぬために、以下若干の解説を試みたいと思う。尙この機会に併せて、洪水、山崩などの一連の現象の相互の關連性についての見通しという問題にも一言ふれ、著者がこれからこのやうな災害を、一つの自然現象として眺めて行こうとする研究方針の一端を述べておきたい。

1. 崩壊は、例えば今回の赤城火山に発生したもののやうな場合では、山地に或る林齡(約40年生)以上の森林があると、却つて発生し易いといえる。従つて壯齡又は老齡の森林を、崩れ易い地質からなる山地にたておくことは、この意味で甚だ危険である。昭和13年の神戸市災害は、六甲山の森林があつたために山崩をおこし、土石流の災害を大きくしたということが、一部の人々によつて唱えられたが、これには一應うなづける点がある。然しこのことは以下述べるやうに、山地に森林のない方が、災害防止上よいということではない。この点誤解のないやうに、充分理解しなくてはならない。

2. 洪水と、河川流域の山地に森林があるかないかということとの間に、どんな關係があるかという問題は、まだ決定的な解決に達していない。そしてこれについては従來、余り重要な關係を示さないという、否定的な見方が少くない。然しこのことは、それだから山地の森林を大面積に皆伐し、放置しても差支ないということにはならない。なぜならば、洪水そのものは森林の有無と關係がなくても、洪水による災害とその災害の大きさは、森林の有無と深い關係にあるからである。

3. それでは洪水による災害が森林の有無と、どのように關連し合うかという、二つの相

入れない矛盾の対立によつて関連し合うといえる。

4. この問題にはいるには、先づ河川溪谷の行う浸蝕、運搬、堆積の三つの作用について考えて見ねばならない。今河川溪谷を全体として、大きく本流と支流に分ける。そうすると、大洪水のときには支流一或は溪谷一が盛に浸蝕され、本流一或は河川一に堆積が行われる。ところが普通の洪水又は出水程度のときには、支流に堆積が行われ、本流では浸蝕が行われる。河川溪谷には全体としてこういう輪廻が不断に行われているが、この輪廻が理想的に平衡して行われるならば、洪水はあつても、洪水による災害は少く且つ軽くなる。

5. この輪廻に対して森林は二つの互に矛盾した意味をもっている。即ち崩れ易い地質からなる山地に森林があると、大降雨のときに山崩を起し易い。ところが山地が森林で被われていないと平常の僅かの降雨にでも、常に多量の土砂を流し、これを支流に堆積するが、このような濁水は土砂含有量に於いて飽和しているので、本流に於ける浸蝕作用、即ち本流に堆積している土砂石礫を運搬する能力がない。従つて本流にも又堆積が行われ、河川は次第に周囲の平地より高い川底を形成し、所謂「天井川」となる。この場合山地が森林で被われていると、普通の降雨の際に濁水を流さないで、本流を浸蝕し、堆積物を運搬して海に運びさることができるといえる。

6. 洪水、山崩の研究、特にその対策を練る場合には、この二つの面を考えることが必要である。即ち森林を伐採しないこと、又は保安林を設定することなどは、山地の地質の如何によつては、洪水山崩に対する対策として必ずしも策を得たものと称し難い。ある場合には寧ろ無意味であるとさえいつてよい。適当な時期に適当な方法で伐採利用し、その伐採跡地には直に適当な樹種を造林すべきである。山崩を起し易い山地は概して地味が良好である場合が多く、従つて伐採と造林を合理的に行えば、経済的にも甚だ有利である。このような山地がひとたび崩壊をおこすと、その復旧は誠に困難で、長期にわたり不断に多量の土砂を流し、河川が天井川となる有力な原因を與えることとなる。

7. 従来の洪水対策にはこういうことが総合的に考えられていない。特に山林のとり扱いに対する考え方が充分でなかつた。河川に如何に強固な堤防を築いても、その堤防が高く丈夫であるほど、河川は天井川となり、より大きな災害を将来に準備するものといえる。洪水による災害の発生は必ずしも、降雨量及び河川の増水量によるものではない。河川溪谷の浸蝕、運搬、堆積によつて刻々に変化しつゝある川床の状態が、ある点に達したときに初めて、洪水は大きな災害を結果するのであつて、必ずしも洪水時の河川の水量のみによつて災害が発生するものではない。

8. 要するに山林の乱伐或は大規模の山崩による山地の荒廢は、洪水の原因であるとはいえないが、洪水による災害を大きくし、頻繁にする重要な原因である。そのやり方は上にのべたように、一般的には土砂を流出し、これを河川溪谷に堆積して川床を高め、天井川を發達させることによつて災害を結果するのである。

9. 河川は本来自然の姿のまゝであつたときは、不断に小規模に平野に氾濫することによつて、上に述べた矛盾を自ら解決していたのである。この河川自体の解決法に対し、われわれはどうすればよいかということ、即ち河川溪谷の浸蝕、運搬、堆積の三つの作用をどうすれば、平衡的に行わしめうるかということが、洪水による災害対策の根本的理論である。

11, 6, 1948

### 参考文献

- 1) 赤木正雅：溪流及砂防工学。
- 2) 平田徳太郎：昭和13年7月5日の神戸市及び附近の水害地視察報告。林業試験彙報。第46号。
- 3) 本間不二男：山崩及び地沈みの特性とその重要性。地球。第14号，第4巻。
- 4) 宮部直巳：山崩に関する文献抄録。岩波講座。
- 5) 宮城晋五郎：水力学。
- 6) 諸戸北郎：砂防工学。
- 7) 中村慶三郎：山崩。
- 8) 齊藤讓：赤城火山地質調査報文。震災予防調査会報告。第18号。
- 9) 渡辺貫：土木地質学。
- 10) 渡辺貫：地質工学。

# On Landslip and the Mud and Stone Flow at Akagi

Volcano, in Spet. 1947

by Haku Koide

## Résumé

The Catharine typhoon brought out a heavy rain to the northern part of Kantō district, and for the last few rainy days there much rained more heavily all around the Akagi volcano on the 15 th. Sept., last year. The rainfall amounted to 500-600 mm. at maximum. The River Toné has been swollen, and the Akagi volcano suffered from a disaster covering a wide scope by mud and stone flows along the valleys and by landslips on the slopes. I examined these ruined valleys and slopes from 12 h. to 24 th. May this year, and obtained the following results.

It has a tendency that landslips occur frequently on the upper part of the slope of mountain consisted of agglomerate, but very rarely or being almost lacking on the slope of lava domes, such as Jizō-dake, Kurohi-yama, Suzu-ga-take, Ara-yama and Nabewari-yama. Topographically, landslips are liable to occur on the slope as shown in Fig. 2 a, b and c, and almost lacking on the slope as in Fig. 2 d. Landslip is also in close genetical connection with the character of soil including subsoil. In general, landslips occur easily in sandy soil, but not in clayey soil.

Vegetation plays an important rôle for the occurrence of landslip in the following manner. The layer consisting of plant roots and soil particles develops always on the upper part of the superficial soil.

This is one of the important inducement of landslip. This platy layer slides down on the slope of agglomerate as lubricant consisting of sandy subsoil supersaturated with rain water (Fig. 9).

After the ruptured surface develops on the upper part of slope in this way, erosion by rain water begins to act on this surface and a sharp V-shaped ravine occurs on it.

Thus the ruptured surface grows up to a long shape which is wider in the upper part and narrower in the lower as shown in Fig. 10.

Accordingly, it is concluded that the developement of landslip is not in genetic connection with the erosion of valley.

The mud and stone flow flows along the valley in a very short time about 4 to 5 o'clock in the afternoon on 15 th. It is said that the flow had a dome-shape like a hill at the top in section as shown in Fig. 15. It eroded the upper part of valley, showing now U-shaped (Fig. 13), and transported a large quantity of mud, sand and large blocks of andesite, having dug up from the bottom of eroded valley.

The larger blocks carried by the flow has deposited on the arable land in the lower reaches of the valley, having about 10 m. or more in depth at certain places. The mode of deposition of the mud and stone flow is very interesting. The sorting of sand and blocks is perfect, and a state of selection and deposition at the terminal of the flow is shown in Fig. 19 and 21.

It is very interesting that the mud and stone flow shows a dome-shape in section (Fig. 15). They say the similar case has been looked on the current of flood of the Toné. It seems that this may be resulted by the different velocity of each parts of the current. The curve showing the same velocity in the current is shown in Fig. 16, in which ellipse shows the part of the largest velocity of current. In short, the mud and stone flow runs down the valley, showing spiral movement as in Fig. 18. The U-shaped erosion of valley by the mud and stone flow seems to be due to this spiral movement.

In conclusion, there is no genetical relation between the landslip on the slope and the mud and stone flow. They are two different phenomena, which are strongly liable to occur by a same cause in association.

圖 版 及 說 明

Plates and Explanations

深山に於ける“前入り”の沢と本流沼尾川の合流点。“前入り”の沢は土石流のため深くU字型に浸蝕されている。

The confluence of Maeiri with Numao-gawa at Miyama, Maeiri is eroded by mud and stone flow, showing now characteristic U-shaped valley.





1



2

1. 深山に於いて土石流のためU字型に浸蝕された“前入り”の沢。

U-shaped valley of Maeiri eroded by mud and stone flow at Miyama.

2. 年丸附近に於ける沼尾川の土石流に依る堆積。

Deposition of larger blocks of andesite carried by mud and stone flow at  
Toshimaru along Numao-gawa.

1. 深山部落の土石流に依つて浸蝕された砂礫層

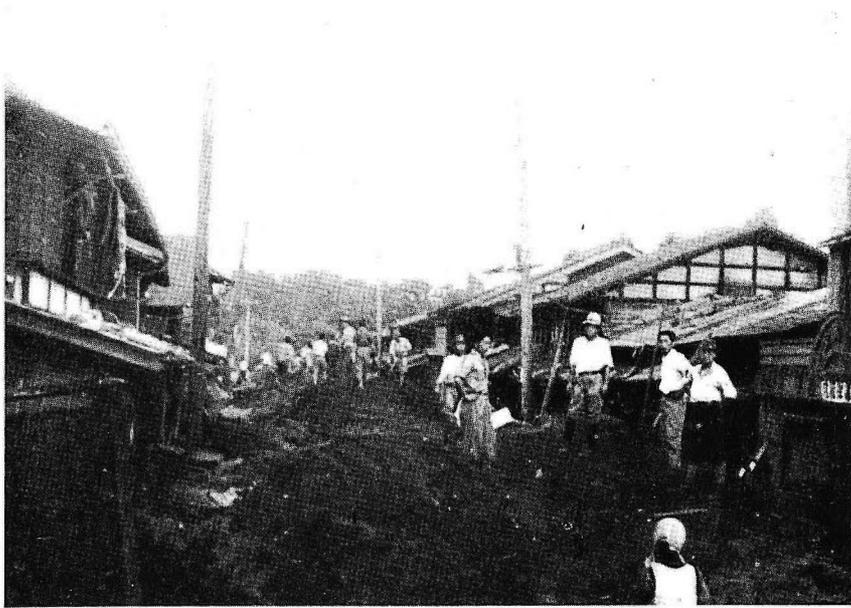
Sand and gravel layer eroded by mud and stone flow at Miyama.

2. 荒砥川下流大明町に於ける土砂の堆積

Sand and mud deposition at Ōake-chō along the lower part of Arato-gawa.



1



2



1



2

1. 砂川で土石流の侵入を被つた民家。上手にある数本の高桑に保護され、破壊流出をまぬがれたものと思われる。

A house attacked by mud and stone flow at Sunagawa. It was not destroyed and did not flow away, owing to the presence of Kuwa trees at the upper part.

2. 黒檜山北西面の森林中に発生した土石流

Mud and stone flow run down the valley at the north-west side of Kurohiyama, the forest being destroyed.

1. 沼尾川の土石流通過区域内に残つた潤葉樹。

The latifoliate trees remaining in the area attacked by mud and stone flow at Numao-gawa.

2. 大沼中の小鳥ヶ島及びその附近の石礫からなる小島。小鳥ヶ島は9月15日の土石流のため陸続きの半島となつた。

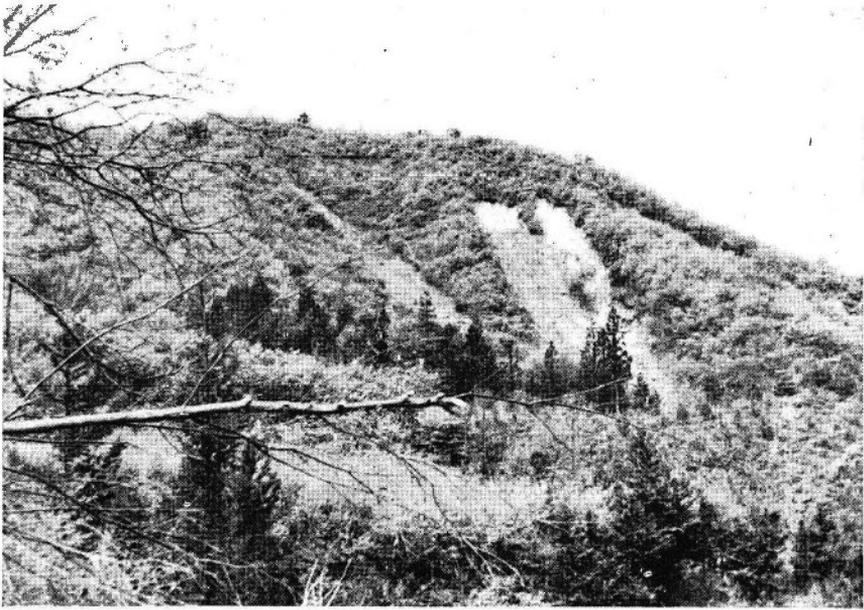
Kotoriga-shima and a small island constructed of gravels in Ōnuma, a volcanic lake. Mud and stone flow joined land with the islands, which is now like a small peninsula.



1



2



1



2

1. 傾斜面の上方が崩壊し、その下方は崩壊を起していない。然し森林は荒廃している。

Landslip on the upper part of the mountain slope The lower part does not slip, but the forest on it is seriously decayed.

2. 同 上

Ditto

1. 傾斜面の上方(S)が崩壊し、その下方は崩壊していないが、斜面は著しく荒廃している。

The upper part of mountain slope (S) slipped, and the lower part did not slip, although it was ruined.

2. 崩壊面の下方に発達する雨谷。

A ravin developed at the lower part of the surface of rupture.



1



2



1



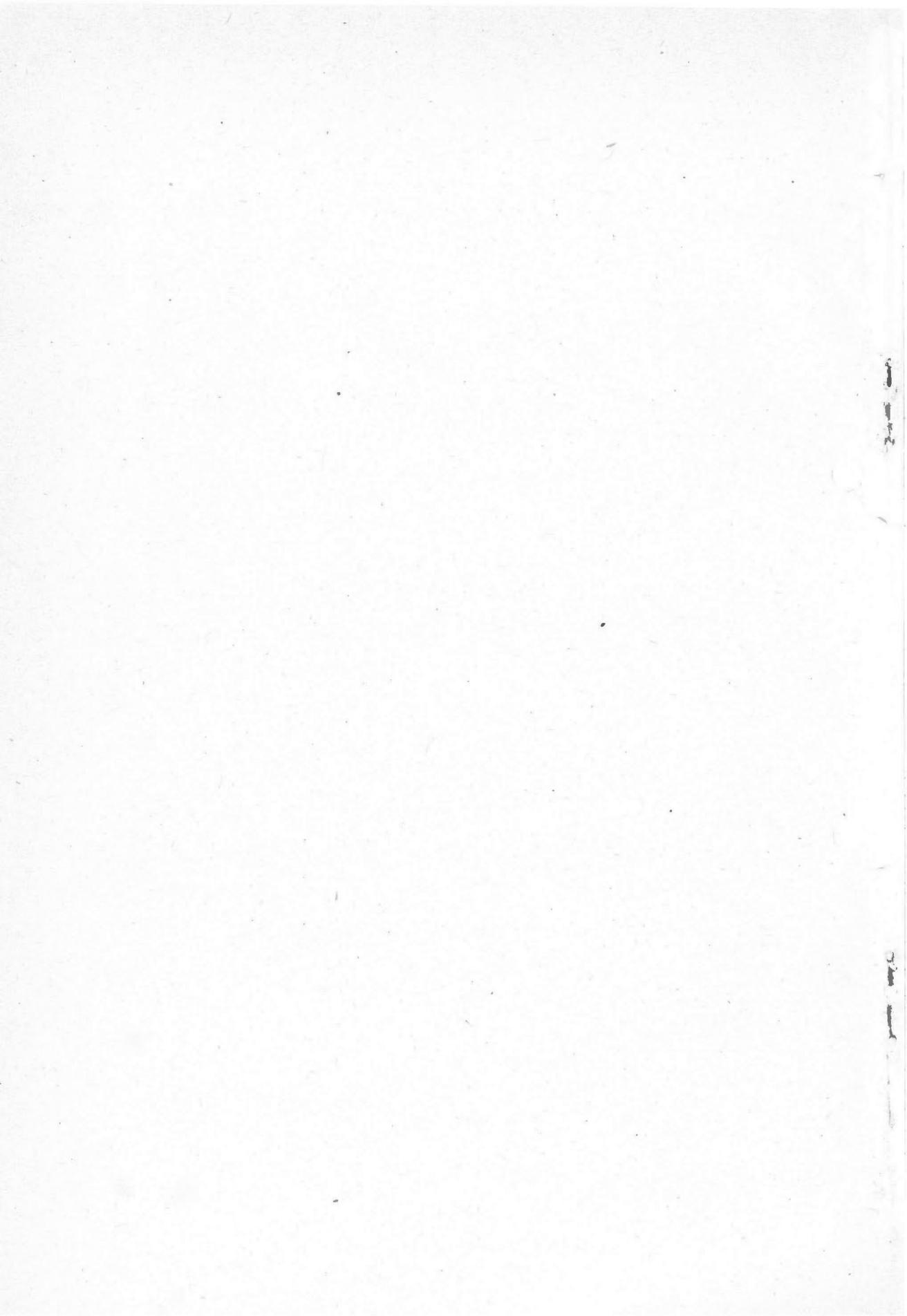
2

1. 原之郷村附近で、土石流が畑地を深く浸蝕して形成したU字型の谷。

The field is deeply eroded by mud and stone flow at Haranogō-mura, resulting characteristic U-shaped valley.

2. 上記の土石流が日輪寺村附近で、水田及び畑地の上に厚く堆積した砂層。

Sand deposition on the field and rice-field at Nichirinji-mura. This deposition was caused by the mud and stone flow above described.



The Geological Survey of Japan has published in the past several kinds of reports such as the Memoirs, the Bulletin, and the Reports of the Geological Survey.

Hereafter all reports will be published exclusively in the Reports of the Geological Survey of Japan. The currently published Report will be consecutive with the numbers of the Report of the Imperial Geological Survey of Japan hitherto published. As a general rule each issue of the Report will have one number, and for convenience's sake, the following classification according to the field of interest will be indicated on each Report.

- |                              |   |  |
|------------------------------|---|--|
| A. Geology & allied sciences | { | a. Geology.<br>b. Petrology and Mineralogy.<br>c. Palaeontology.<br>d. Volcanology and Hotspring.<br>e. Geophysics.<br>f. Geochemistry.  |
| B. Applied geology           | { | a. Ore deposits.<br>b. Coal.<br>c. Petroleum and Natural Gas.<br>d. Underground water.<br>e. Agricultural geology.<br>Engineering geology.<br>f. Physical prospecting.<br>Chemical prospecting & Boring. |
| C. Miscellaneous             |   |  |
| D. Annual Report of Progress |   |  |

Note: Besides the regularly printed Reports, the Geological Survey is newly going to circulate "Bulletin of the Geological Survey of Japan," which will be published monthly commencing in July 1950.

本所刊行の報文類の種目には従來地質要報、地質調査所報告等があつたが今後はすべて刊行する報文は地質調査所報告に収めることとし、その番號は従來の地質調査所報告を追つて附けることにする、そして報告は一報文につき報告1冊を原則とし、その分類の便宜の爲に次の如くアルファベットによる略號を附けることにする。

- |                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| A 地質及びその基礎科學<br>に關するもの | } | a. 地質<br>b. 岩石、鑛物<br>c. 古生物<br>d. 火山、溫泉<br>e. 地球物理<br>f. 地球化學              |
| B 應用地質に關するもの           | } | a. 鑛床<br>b. 石炭<br>c. 石油、天然瓦斯<br>d. 地下水<br>e. 農林地質、土木地質<br>f. 物理探鑛、化學探鑛及び試錐 |
| C 其他                   |   |  |
| D 事業報告                 |   |  |

尙刊行する報文以外に當分の間報文を謄寫して配布したものに地下資源調査所速報があつたが此後は地質調査所月報として第1号より刊行する。

昭和 25 年 8 月 25 日印刷

昭和 25 年 8 月 30 日発行

著作権所有 工業技術廳  
地質調査所

---

印刷者 向 喜 久 雄

印刷所 一ツ橋印刷株式會社

東京都品川區上大崎 3 / 300

**REPORT No. 133**

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN  
Tomofusa Mitsuchi, Director

**ON LANDSLIP AND THE MUD  
STONE FLOW AT AKAGI  
VOLCANO, INSEPT. 1947**

BY

HAKU KOIDE

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN  
Hisamoto-cho, Kawasaki-shi, Japan

1 9 5 0